



# robótica®

automação  
controlo  
instrumentação



número 114 | 1.º trimestre de 2019 | Portugal 9.50€ | Diretor: J. Norberto Pires

## ARTIGO CIENTÍFICO

- Knife 4.0 – rastreamento de produto após venda
- Controladores eletrónicos para instalações frigoríficas

## ESPAÇO EMPREENDER E INOVAR

- Empreender e inovar na dependência da organização

## INSTRUMENTAÇÃO

- A histórica revisão do Sistema Internacional de Unidades (SI)

## AUTOMAÇÃO E CONTROLO

- Lógica sequencial, registos e contadores (3.ª Parte)

## ELETRÓNICA INDUSTRIAL

- Eletrónica (5.ª Parte)

## PORTUGAL 3D

- Modelo de custo para fabricação aditiva em metal: aplicação no setor aeroespacial
- Uma realidade incontornável: a nova era da Mobilidade Inteligente e das Cidades Inteligentes

## DOSSIER SOBRE CIBERSEGURANÇA INDUSTRIAL

- Cibersegurança na indústria nacional
- A qualidade da água para consumo humano e a cibersegurança

## ESPECIAL SOBRE GESTÃO DE ÁGUA

- Eficiência energética e estratégia de monitorização em tratamento de águas residuais
- Gestão de água

## ENTREVISTA

- Carlos Gonçalves, F.Fonseca: *"É a excelência das pessoas que trabalham connosco que garante o sucesso da nossa empresa"*
- David Trabal, FANUC Iberia: *"A automatização de processos é a chave para que as empresas sejam competitivas"*



[www.tropimatica.com](http://www.tropimatica.com)

# TROPIMÁTICA®

## Robótica e Automação Industrial

Células Robotizadas – Linhas Produção – Máquinas Especiais

# A histórica revisão do Sistema Internacional de Unidades (SI)

No passado mês de Novembro, durante a realização da 26.<sup>a</sup> Conferência Geral dos Pesos e Medidas (CGPM), em Versailles, foi atingido um marco histórico na revisão do Sistema Internacional de Unidades (SI), quando 54 dos 60 Estados-Membros do Bureau International de Pesos e Medidas (BIPM) votaram favoravelmente a Resolução 1, redefinidora de quatro das sete unidades de base do SI, efectiva a partir de 20 de Maio de 2019, data em que se comemora o Dia Mundial da Metrologia.

Foi decidido terminar toda e qualquer ligação entre o SI e artefactos criando, ao invés, uma ligação entre sete constantes físicas e as sete unidades de base do SI. O último artefacto sobrevivente, o agora "defunto" Protótipo Internacional do Quilograma (IPK, Figura 1), um cilindro de platina iridiada guardado pelo BIPM em Sèvres, França, que tem servido de padrão internacional para o quilograma desde 1889 (1.<sup>a</sup> Conferência da CGPM, 1889, 3.<sup>a</sup> Conferência da CGPM, 1901), passa a peça de interesse museológico, no que respeita à Metrologia.



**Figura 1.** O "defunto" Protótipo Internacional do Quilograma (IPK) (cortesia do BIPM).

Mas há mais... pela primeira vez, todas as definições serão separadas das suas realizações: em vez das definições das unidades de base do SI dependerem de sistemas de medida sujeitos a tornarem-se obsoletos de cada vez que os avanços tecnológicos nos permitam conceber novos sistemas de medida mais exactos, estas definições passam a estar relacionadas com constantes físicas da natureza.

Importa esclarecer a distinção feita pelos metrologistas entre a "definição de uma unidade" e a "realização de uma unidade". A "definição" de cada unidade de base do SI é concebida de modo a ser única e a fornecer uma base teórica sólida, sobre a qual se possam efectuar as medidas mais exactas e mais reproduzíveis. Por outro lado, a "realização" da definição de uma unidade é o procedimento através do qual essa definição poderá ser utilizada para estabelecer o valor e a incerteza associada de uma quantidade, com a mesma natureza da unidade em questão.

Nenhum valor de nenhuma constante física a ser utilizada na definição de uma unidade será fixado ou alterado. Os valores das constantes fundamentais são constantes da natureza, sendo os seus valores fixados apenas quando expressos nas suas unidades do SI. Ao fixar-se este valor numérico, está-se apenas a definir a magnitude da unidade em que medimos essa constante no tempo presente. A título de exemplo, o ampère é, ainda, definido como "uma força magnética entre dois condutores separados por uma certa distância", significando que é utilizada uma realização concreta de uma medida para a sua definição. Contudo, avanços tecnológicos, como os efeitos de Josephson e de Hall quântico, revelaram-se melhores formas de realizar o ampère, tornando a abordagem original obsoleta. Agora, com esta revisão histórica do SI, qualquer avanço tecnológico que permita obter o valor numérico de uma qualquer constante com maior exactidão, não terá qualquer interferência na definição da unidade de base associada a essa constante.

Mas quais são, então, essas constantes físicas da natureza? Foi aprovado na Resolução 1 que o SI passará a ser o sistema de unidades no qual:

- a frequência da transição hiperfina do estado fundamental do átomo de célio 133 não perturbado,  $\Delta\nu_{Cs}$ , é igual a 9 192 631 770 Hz;
- a velocidade da luz no vazio,  $c$ , é igual a 299 792 458 m s<sup>-1</sup>;
- a constante de Planck,  $h$ , é igual a 6,626 070 15 × 10<sup>-34</sup> Js;
- a carga elementar,  $e$ , é igual a 1,602 176 634 × 10<sup>-19</sup> C;
- a constante de Boltzmann,  $k$ , é igual a 1,380 649 × 10<sup>-23</sup> J K<sup>-1</sup>;
- a constante de Avogadro,  $N_A$ , é igual a 6,022 140 76 × 10<sup>23</sup> mol<sup>-1</sup>;
- a eficácia luminosa de uma radiação monocromática de frequência 540 × 10<sup>12</sup> Hz,  $K_{cd}$ , é igual a 683 lm W<sup>-1</sup>;

em que o hertz, o joule, o coulomb, o lúmen e o watt, com os símbolos de unidade Hz, J, C, lm e W, respectivamente,

estão relacionados com as unidades segundo, metro, quilograma, ampère, kelvin, mole e candela, com os símbolos de unidade s, m, kg, A, K, mol e cd, respectivamente, de acordo com  $\text{Hz} = \text{s}^{-1}$ ,  $\text{J} = \text{kg m}^2 \text{s}^{-2}$ ,  $\text{C} = \text{A s}$ ,  $\text{lm} = \text{cd m}^2 \text{m}^{-2} = \text{cd sr}$  e  $\text{W} = \text{kg m}^2 \text{s}^{-3}$ .

E quais serão as novas unidades de base do SI? Serão as mesmas sete já existentes; a saber:

- o segundo (s) – é a unidade de tempo;
- o metro (m) – é a unidade de comprimento;
- o quilograma (kg) – é a unidade de massa;
- o ampère (A) – é a unidade de corrente elétrica;
- o kelvin (K) – é a unidade de temperatura termodinâmica;
- a mole (mol) – é a unidade de quantidade de matéria;
- a candela (cd) – é a unidade de intensidade luminosa numa dada direcção.

Destas sete unidades de base, quatro definições serão alteradas:

- o quilograma (kg) – em função da constante de Planck,  $h$ ;
- o ampère (A) – em função da carga elementar,  $e$ ;
- o kelvin (K) – em função da constante de Boltzmann,  $k$ ;
- a mole (mol) – em função da constante de Avogadro,  $N_A$ .

As restantes três definições permanecerão, embora rescritas de modo a serem consistentes com as quatro novas definições. Cada uma das sete unidades de base do SI será definida com a ajuda de uma ou mais destas sete constantes, consoante os casos:

- O segundo é definido tomando o valor numérico fixo da frequência do cézio,  $\Delta\nu_{\text{Cs}}$ , a frequência da transição hiperfina do estado fundamental do átomo de cézio 133 não perturbado, igual a 9 192 631 770 quando expressa na unidade Hz, que é igual a  $\text{s}^{-1}$ ;
- O metro é definido tomando o valor numérico fixo da velocidade da luz no vazio,  $c$ , igual a 299 792 458 quando expressa na unidade  $\text{m s}^{-1}$ , onde o segundo é definido em função de  $\Delta\nu_{\text{Cs}}$ ;
- O quilograma é definido tomando o valor numérico fixo da constante de Planck,  $h$ , igual a  $6,626\,070\,15 \times 10^{-34}$  quando expressa na unidade J s, que é igual a  $\text{kg m}^2 \text{s}^{-1}$ , onde o metro e o segundo são definidos em função de  $c$  e de  $\Delta\nu_{\text{Cs}}$ ;
- O ampère é definido tomando o valor numérico fixo da carga elementar,  $e$ , igual a  $1,602\,176\,634 \times 10^{-19}$  quando expressa na unidade C, que é igual a A s, onde o segundo é definido em função de  $\Delta\nu_{\text{Cs}}$ ;
- O kelvin é definido tomando o valor numérico fixo da constante de Boltzmann,  $k$ , igual a  $1,380\,649 \times 10^{-23}$  quando expressa na unidade J K<sup>-1</sup>, que é igual a  $\text{kg m}^2 \text{s}^{-2} \text{K}^{-1}$ , onde o quilograma, o metro e o segundo são definidos em função de  $h$ ,  $c$  e  $\Delta\nu_{\text{Cs}}$ ;
- Uma mole contém exactamente  $6,022\,140\,76 \times 10^{23}$  entidades elementares. Este número, chamado “*número de Avogadro*”, é o valor numérico fixo da constante de Avogadro,  $N_A$ , quando expressa na unidade mol<sup>-1</sup>;
- A quantidade de matéria, símbolo  $n$ , de um sistema é uma representação do número de entidades elementares especificadas. Uma entidade elementar pode ser um átomo, uma molécula, um ião, um electrão, qualquer outra partícula ou agrupamento especificado de partículas;

- A candela é definida tomando o valor numérico fixo da eficácia luminosa de uma radiação monocromática de frequência  $540 \times 10^{12} \text{ Hz}$ ,  $K_{\text{cd}}$ , igual a 683 quando expressa na unidade  $\text{lm W}^{-1}$ , que é igual a  $\text{cd sr W}^{-1}$ , ou  $\text{cd sr kg}^{-1} \text{m}^{-2} \text{s}^3$ , onde o quilograma, o metro e o segundo são definidos em função de  $h$ ,  $c$  e  $\Delta\nu_{\text{Cs}}$ .

Na Figura 2 apresenta-se o novo logótipo do SI, o qual reflecte a ligação entre cada constante física e a unidade que esta permite definir.



Figura 2. Novo logótipo do SI.

Com a redefinição das referidas quatro unidades de base do SI, pode-se dizer que os impactos mais relevantes são, relativamente à realização:

- do quilograma – passando a ser definido com base na constante de Planck, a estabilidade da escala de massa do SI é assegurada a longo prazo. O quilograma poderá ser realizado através de qualquer método apropriado, como por exemplo a balança Kibble (anteriormente designada por balança watt) ou o método Avogadro (difracção de raios-X);
- do ampère – para a grande maioria dos utilizadores não haverá quaisquer alterações, já que o Volt (unidade derivada) será alterado em menos do que 0,1 partes por milhão e o ohm (unidade derivada) em ainda menos;
- do kelvin – passando a ser definido com base na constante de Boltzmann, a definição liberta-se de restrições materiais e tecnológicas, permitindo o desenvolvimento de novas técnicas mais exactas, em especial em extremos da temperatura;
- da mole – passando a ser definida relativamente a um número de entidades (tipicamente átomos ou moléculas) deixará de depender da unidade de massa, o quilograma.

Um último comentário: parece que quase nada se altera, mas o mais fundamental pilar do SI e da Metrologia (já que o SI é o sistema legal de unidades em utilização em quase todos os países do mundo), a definição das suas unidades de base, libertar-se-á de todas e quaisquer realizações e artefactos. Quanto ao “*quase nada se altera*” ainda bem, pois o que seria da economia mundial se tivéssemos de explicar às empresas que 1 quilograma, ou 1 metro, iriam deixar de ser o que elas sempre transaccionaram porque passariam a ter outro valor numérico? 🤖